



(19) RU (11) 2 133 538 (13) С1
(51) МПК⁶ Н 02 Г 7/00, Н 01 Т 4/00

РОССИЙСКОЕ АГЕНТСТВО
ПО ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

(21), (22) Заявка: 96121027/09, 30.09.1996

(46) Дата публикации: 20.07.1999

(56) Ссылки: 1. Техника высоких напряжений / Под ред. Разевича Д.В. - М.: Энергия, 1976, с. 285. 2. Техника высоких напряжений / Под ред. Разевича Д.В. - М.: Энергия, 1976, с. 300. 3. SU, 58154 A, 30.10.40. 4. DE, 2638120 A, 03.05.68.

(98) Адрес для переписки:
191186, Санкт-Петербург, а/я 230,
"АРС-ПАТЕНТ", Патентному поверенному
Рыбакову В.М.

(71) Заявитель:
Научно-производственное объединение
"СТРИМЕР"

(72) Изобретатель: Подпоркин Г.В.,
Сиваев А.Д.

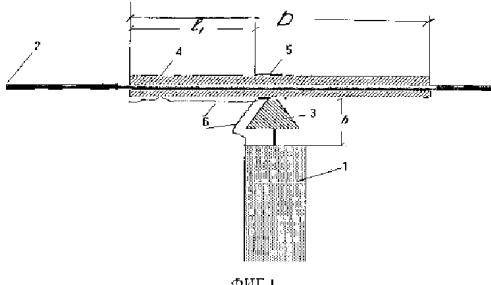
(73) Патентообладатель:
Научно-производственное объединение
"СТРИМЕР"

**(54) ЛИНИЯ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ С УСТРОЙСТВАМИ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ОТ ГРОЗОВЫХ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ
(ВАРИАНТЫ)**

(57) Реферат:

Линия электропередачи, включающая по меньшей мере один провод, по меньшей мере одну заземленную опору, по меньшей мере один элемент изоляции указанного провода от других элементов линии, находящихся под электрическим потенциалом, отличным от потенциала указанного провода, а также средства защиты указанного элемента изоляции от грозовых перенапряжений, отличается тем, что указанные средства защиты выполнены в виде оболочки из диэлектрического материала, размещенной на по меньшей мере одном указанном проводе в зоне расположения защищаемого элемента изоляции, причем пробивное напряжение указанного диэлектрика выше, чем разрядное напряжение по его поверхности, а длина указанной оболочки из диэлектрика определяется в зависимости от

длины пути перекрытия защищаемого элемента изоляции линии; числа проводов, покрытых оболочкой из диэлектрика, к которым подключен защищаемый элемент изоляции, и номинального напряжения линии. Технический результат - повышение надежности, упрощение конструкции. 2 с.п. 8 з.п. ф.-лы, 6 ил., 1 табл.



R U 2 1 3 3 5 3 8 C 1

R U 2 1 3 3 5 3 8 C 1



(19) RU (11) 2 133 538 (13) C1
(51) Int. Cl. 6 H 02 G 7/00, H 01 T 4/00

RUSSIAN AGENCY
FOR PATENTS AND TRADEMARKS

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(21), (22) Application: 96121027/09, 30.09.1996

(46) Date of publication: 20.07.1999

(98) Mail address:
191186, Sankt-Peterburg, a/ja 230,
"ARS-PATENT", Patentnomu poverennomu
Rybakovu V.M.

(71) Applicant:
Nauchno-proizvodstvennoe ob"edinenie
"STRIMER"

(72) Inventor: Podporkin G.V.,
Sivaev A.D.

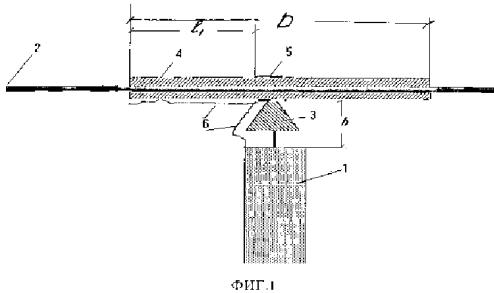
(73) Proprietor:
Nauchno-proizvodstvennoe ob"edinenie
"STRIMER"

(54) ELECTRIC POWER LINE WITH GEARS FOR PROTECTION AGAINST LIGHTNING SURGES

(57) Abstract:

FIELD: electrical engineering. SUBSTANCE: electric power line has at least one wire, at least one grounded support and one element for insulation of mentioned wire from other elements of line under electric potential different from potential of mentioned wire and means of protection of specified element of insulation against lightning surges. Specified protection means are manufactured in the form of sheath from dielectric material placed on specified wire in zone of location of protected element of insulation. Breakdown voltage of specified dielectric material is higher than discharge voltage along its surface. Length of specified dielectric sheath is determined depending on length of path of overlap of

protected element of line insulation, number of wires covered with dielectric sheath to which protected element of insulation is connected and rated voltage of line. EFFECT: enhanced reliability and simplified design of line protection. 10 cl, 1 tbl



R
U
2
1
3
3
5
3
8

C
1

C 1
3 5 3 8

RU 2 1 3 3 5 3 8 C 1

Изобретение относится к области высоковольтной техники, а более конкретно - к электропередачам с устройствами для защиты от грозовых перенапряжений, в том числе в виде импульсных грозовых разрядников.

Известные высоковольтные линии электропередач (ЛЭП), как правило, включают в себя неизолированный силовой провод, закрепленный на опорах посредством изоляторов, а также устройства грозозащиты, т.е. устройства для ограничения перенапряжений, возникающих в линии при попадании в нее молнии. Линия может содержать несколько проводов, например, если линия выполнена многофазной. Опоры выполняются, как правило, заземленными, но встречаются также линии электропередачи с незаземленными опорами. Провод ЛЭП, как правило, соединен с питающим кабелем через кабельную разделку.

Наиболее распространенные линии электропередачи включают в себя в качестве устройства для ограничения перенапряжений стержневые разрядники, выполненные в виде двух металлических стержней, установленных в непосредственной близости от изоляторов, или гирлянд изоляторов, или других защищаемых элементов линии. Эти металлические стержни устанавливаются на некотором расстоянии друг от друга, называемом искровым промежутком, и при возникновении перенапряжения в случае попадания молнии в линию электропередачи разряд проходит через искровой промежуток разрядника, тем самым изолятор предохраняется от разрушения. Однако при срабатывании стержневого разрядника искровое перекрытие между стержнями переходит в силовую дугу промышленной частоты, что приводит к необходимости отключения линии.

Известна также линия электропередачи с устройством для ограничения перенапряжений в виде вентильного разрядника, состоящего из одного или нескольких (в зависимости от класса напряжения) последовательно соединенных стандартных элементов. Каждый элемент содержит диски нелинейных резисторов с искровыми промежутками между ними, при этом каждый комплект искровых промежутков и нелинейных резисторов помещен в герметизированный фарфоровый чехол (см. Техника высоких напряжений. Под ред. Разевига Д.В., М., Энергия, 1976, с.300.)

Линия с такими разрядниками обладает высокой надежностью, однако сложность и значительная стоимость вентильных разрядников, входящих в ее состав, обуславливает большие затраты на их использование и строительство всей линии.

Известна также линия электропередачи с устройством для ограничения перенапряжений в виде трубчатого разрядника, включающего винилластовую трубку, заглушенную с одной стороны металлической крышкой, являющейся одним из концевых электродов. На этой крышке укреплен внутренний стержневой электрод. На открытом конце трубы расположен другой концевой электрод. Искровое перекрытие происходит между стержневым электродом и концевым электродом, расположенным на открытом конце трубы, т.е. эти электроды

являются основными. В таких линиях трубка разрядника отделена от провода ЛЭП внешним искровым промежутком (см. Техника высоких напряжений. Под ред. Разевига Д.В., М., Энергия, 1976, с.289.).

Недостатком известной линии является невысокая надежность защиты, поскольку работа разрядника сопровождается выхлопом сильно ионизированного генерируемого газа, что в случае попадания в зону выхлопа разрядника проводов смежных фаз или заземленных конструкций может инициировать перекрытие воздушной изоляции. Разрядник известной конструкции имеет ограниченный диапазон отключаемых токов и недолговечен, т.к. при протекании тока разряда происходит выгорание винилластовой трубы.

Задачей настоящего изобретения является создание надежной и обладающей невысокой стоимостью в строительстве и эксплуатации линии электропередачи.

Техническим результатом является повышение надежности и упрощение конструкции средств защиты от грозовых воздействий.

Задача изобретения решена тем, что в линии электропередачи, включающей по меньшей мере одну заземленную опору, по меньшей мере один неизолированный провод, по меньшей мере один элемент изоляции указанного провода от других элементов линии, находящихся под электрическим потенциалом, отличным от потенциала указанного провода, например, от указанной опоры, а также средства защиты указанного элемента изоляции от грозовых перенапряжений, согласно изобретению указанные средства защиты выполнены в виде оболочки из диэлектрика, по которой развивается поверхностный разряд длиной l , при этом пробивное напряжение указанной оболочки выше, чем разрядное напряжение по ее поверхности. Указанная оболочка установлена на по меньшей мере одном указанном проводе в зоне расположения защищаемого элемента изоляции. В такой конструкции длина пути L указанного защитного искрового перекрытия определяется следующим соотношением:

$$L = n \cdot l + h, \quad (1)$$

а длина D указанной оболочки из диэлектрика определяется соответственно соотношению (1) по формуле

$$\frac{2x0,06u^{0,75}-h}{n} < D < \frac{2x0,5u^{0,75}-h}{n}, \quad (2)$$

где l - длина, по которой развивается поверхностный разряд, м;

h - длина пути перекрытия защищаемого элемента изоляции линии, м;

n - число проводов, к которым подключен защищаемый элемент изоляции и на которых установлены указанные оболочки из диэлектрика, ($n = 1$ или 2);

U - номинальное напряжение линии, кВ.

В этом варианте выполнения защищаемым элементом изоляции может быть, например, воздушный промежуток между проводами, а указанная оболочка из диэлектрика может быть размещена как на одном ($n = 1$) или двух соседних проводах ЛЭП ($n = 2$), так и, например, на грозозащитном тросе.

В другой модификации этого варианта

R
U
2
1
3
3
5
3
8
C
1

RU 2 1 3 3 5 3 8 C 1

выполнения защищаемый элемент изоляции выполнен в виде изолатора, установленного на указанной опоре, а указанная оболочка из диэлектрика установлена на проводе ЛЭП в зоне крепления указанного провода к защищаемому изолатору, при этом на наружной поверхности указанной оболочки из диэлектрика установлен металлический крепежный элемент для присоединения указанного провода ЛЭП к защищаемому изолатору, причем расстояние от крепежного элемента до конца указанной оболочки из диэлектрика определяется следующим соотношением

$$0,06U^{0.75} \cdot h < l_1 < 0,5U^{0.75} \cdot h, \quad (3)$$

где l_1 - расстояние от конца указанной оболочки из диэлектрика до крепежного элемента, м;

h - длина пути перекрытия защищаемого изолатора, м;

U - номинальное напряжение линии, кВ.

В этом варианте выполнения защищаемым элементом изоляции может быть, например, обычный фарфоровый изолатор, гирлянда изолаторов и т.п.

Задача изобретения может быть также решена тем, что в линии электропередачи, включающей по меньшей мере одну опору, по меньшей мере один неизолированный провод ЛЭП, закрепленный на этой опоре, по меньшей мере один элемент изоляции указанного провода ЛЭП от других элементов линии, находящихся под электрическим потенциалом, отличным от потенциала указанного провода, например от указанной опоры, и по меньшей мере один кабельный ввод с разделкой, согласно изобретению указанная разделка выполняет функцию средств защиты указанного элемента изоляции от грозовых перенапряжений, причем изоляция указанной разделки выполнена так, что разрядное напряжение по поверхности разделки ниже, чем разрядное напряжение защищаемого элемента изоляции. При этом длина разделки определяется следующим соотношением:

$$0,06U^{0.75} \cdot l_2 < 0,5U^{0.75} \quad (4)$$

где l_2 - длина разделки, м;

U - номинальное напряжение линии, кВ.

Защита от грозовых перенапряжений во всех вышеперечисленных вариантах линии электропередачи основана на одном и том же принципе.

При попадании молнии в линию электропередачи происходит импульсное перекрытие ближайшего изолатора или изоляционного промежутка. При перенапряжении после того, как произошло импульсное перекрытие изоляции, возможно либо дальнейшее развитие электрического разряда с переходом в силовую дугу рабочего напряжения, что означает короткое замыкание линии, либо восстановление электрической прочности изоляции после протекания тока молнии через канал разряда и опору в землю и продолжение нормального режима работы линии без ее отключения.

Авторам изобретения удалось установить, что импульсный разряд при искровом перекрытии в случае попадания молнии в линию электропередачи может активно развиваться по поверхности диэлектрической изоляции провода ЛЭП на расстояние, превышающее длину стандартного изолатора. Следовательно, если обеспечить

импульсному разряду возможность такого развития по поверхности изоляции провода ЛЭП, то можно достичь существенно большей длины пути искрового перекрытия и, соответственно, уменьшить вероятность возникновения силовой дуги.

Минимальная длина пути перекрытия L форм, обеспечивающая достаточное повышение надежности защиты, может быть вычислена по формуле:

$$L_{\text{форм}} = 0,06U^{0.75}, \text{ м}$$

где U - номинальное напряжение линии, кВ.

В таблице приведены опубликованные в литературе максимальные из используемых в настоящее время длины изоляции l из (см. таблицу в конце описания).

Как видно из таблицы, длина пути искрового перекрытия, определенная по вышеуказанной формуле, по меньшей мере на 20 - 70% больше, чем максимальные длины обычной изоляции.

Достижение желаемого результата повышения надежности защиты от коротких замыканий в электропередаче можно объяснить следующим образом.

В линии электропередачи согласно настоящему изобретению при перенапряжении канал разряда первоначально перекрывает защищаемый элемент ЛЭП, например, изолатор, и подходит к изоляции, нанесенной на провод ЛЭП. Далее канал разряда вынужден скользить вдоль изоляции до тех пор, пока не достигнет конца изоляционной оболочки и не замкнется на неизолированном участке провода ЛЭП. После этого ток грозового перенапряжения проходит от провода ЛЭП через канал разряда на опору и далее уходит в землю. При этом благодаря достаточно большой длине пути перекрытия разрядника предотвращается возникновение силовой дуги после прохождения импульсного тока молнии.

На фиг. 1 изображена схема линии электропередачи со средствами защиты от перенапряжений в виде оболочки из диэлектрика, установленной на проводе ЛЭП; на фиг. 2 - другая модификация варианта схемы линии электропередачи, показанного на фиг. 1; на фиг. 3 - другая модификация варианта схемы линии электропередачи, показанного на фиг. 1; на фиг. 4 - схема линии электропередачи, в которой оболочки из диэлектрика размещены на двух соседних проводах; на фиг. 5 - схема линии электропередачи с высоковольтным вводом подстанции; на фиг. 6 - схема линии электропередачи со средствами защиты от перенапряжений в виде разделки кабельного ввода согласно изобретению.

На фиг. 1 показана линия электропередачи, которая содержит опору 1, провод 2 ЛЭП, закрепленный на этой опоре 1, и изолят 3 указанного провода 2 ЛЭП от указанной опоры 1. На проводе 2 в зоне его крепления к защищаемому изолятту 3 установлена оболочка из диэлектрика 4, например, в виде рукава, или отрезка трубы, или в виде ленты, намотанной на провод ЛЭП, и т.п. На наружной поверхности указанной оболочки из диэлектрика 4 установлен крепежный элемент 5 для фиксирования провода 2 на изолятре 3, причем расстояние l от крепежного элемента

R U 2 1 3 3 5 3 8 C 1

5 до конца оболочки из диэлектрика 4 определяется соотношением (2). Крепежный элемент 5 может быть выполнен, например, в виде хомута или кольца, охватывающего оболочку из диэлектрика 4.

Например, для линии электропередачи с номинальным напряжением 10 кВ расстояние 1 от указанного крепежного элемента 5 до конца указанной оболочки из диэлектрика 4 может быть, например, равно 0,6 м. Изоляторы, применяемые обычно в таких линиях, имеют длину перекрытия 0,2 м. При попадании молнии в такую линию электропередачи возникающее перенапряжение между проводом 2 и опорой 1 приводит к образованию канала искрового разряда 6, включающего участок пути перекрытия изолятора 3 длиной h , и участок пути перекрытия по поверхности оболочки из диэлектрика длиной l . Таким образом, суммарная длина пути канала разряда тока молнии составит 0,8м, что обеспечит отсутствие силовой дуги рабочего напряжения и исключит возможность короткого замыкания линии. Выполненные испытания оболочки из полистиlena высокого давления с толщиной стенки 4 мм показали, что пробивное напряжение стенки оболочки составляет 400 кВ, а разрядное напряжение по ее поверхности - 100 кВ (при длине пути перекрытия 60 см). Таким образом, при грозовом перенапряжении обеспечивается надежное развитие разряда по поверхности оболочки.

В варианте, показанном на фиг. 2, крепежный элемент 5 установлен через набор попеременно чередующихся изоляционных 4 и проводящих 7 слоев. Это позволяет выровнять напряженность электрического поля в оболочке из диэлектрика и, тем самым, увеличить надежность работы диэлектрической изоляции.

На фиг. 3 показан другой вариант выполнения линии электропередачи как частный случай многофазной линии с использованием оболочки из диэлектрика на одном из проводов.

В этом варианте выполнения на одном из проводов установлена оболочка из диэлектрика 4. Защищаемый элемент изоляции, в данном случае распорка из полимерного изолятора 8, установлен с помощью крепежного элемента 5 одним концом примерно посередине оболочки из диэлектрика 4, а другим концом - на соседнем проводе, находящимся под другим потенциалом. При перенапряжении между проводами происходит перекрытие распорки 8, а затем развивается разряд 6 от крепежного элемента 5 по поверхности оболочки из диэлектрика 4 до неизолированной части провода. В частности, для линии электропередачи с номинальным напряжением 35 кВ длина изоляционной распорки обычно составляет 1 м, а общая длина оболочки из диэлектрика 4 составляет 3 м. Таким образом, длина пути перекрытия по поверхности изоляционной оболочки 4 составляет 1,5 м, а общая длина пути перекрытия с учетом длины распорки 8 составляет 2,5 м. При такой большой общей длине пути перекрытия силовая дуга не образуется.

В этом примере, как показано на фиг. 3, оболочка из диэлектрика 4 выполнена с

переменным сечением, увеличивающимся от конца оболочки к крепежному элементу 5. Это позволяет увеличивать импульсную электрическую прочность между поверхностью оболочки из диэлектрика 4 и проводом 2, в зависимости от изменения по сечениям напряженности электрического поля, и, тем самым, обеспечивает более надежную работу такой конструкции.

Возможен конструктивный вариант линии электропередачи, в частности, двухфазной, когда оболочки из диэлектрика 4 устанавливаются на проводах обеих фаз напротив друг друга (фиг. 4).

На фиг. 5 показан вариант линии электропередачи с заземленным баком 9 подстанции, снабженным изолирующим вводом 10, и содержащим изоляцию 11 и высоковольтное оборудование 12. На проводе 2 в зоне расположения изолирующего ввода установлена оболочка из диэлектрика 4, длина которой определяется по приведенной выше формуле. В данном случае наличие оболочки из диэлектрика 4 обеспечивает защиту от перехода импульсного перекрытия проходного изолятора изолирующего ввода 10 в силовую дугу, поскольку суммарная длина пути разрядного канала 6 при грозовом перенапряжении будет складываться из длины перекрытия h проходного изолятора и длины перекрытия l по поверхности оболочки из диэлектрика 4.

На фиг. 6 показан другой вариант выполнения линии электропередачи, в котором линия кроме опоры 1, неизолированного провода 2, закрепленного на этой опоре 1, изолятора 3 указанного провода 2 от указанной опоры 1, содержит кабельный ввод 13 с разделкой 14. Разделка 14 выполнена так, что ее длина l больше чем длина пути искрового перекрытия защищаемого изолятора h , а разрядное напряжение по поверхности изоляции разделки ниже, чем разрядное напряжение защищаемого изолятора. В частности, например, для линии электропередачи с номинальным напряжением 6 кВ длина разделки согласно изобретению составляет 0,6 - 0,8 м, а разрядное напряжение по ее поверхности составляет 60 - 90 кВ.

Изоляторы, применяемые обычно в таких линиях электропередачи, имеют длину пути перекрытия 0,2 м и разрядное напряжение 100-110 кВ. При возникновении грозового перенапряжения на проводе 2, оно одновременно воздействует на защищаемый изолятор 3 и на изоляцию кабельной разделки 14. При этом максимальная напряженность электрического поля возникает на поверхности изоляции разделки у торца оплетки кабеля, где и возникает поверхностный скользящий разряд. Этот разряд благодаря наличию жилы кабеля, находящейся под потенциалом провода, развивается вдоль разделки в сторону провода ЛЭП, образуя в результате проводящий искровой канал, по которому ток молнии стекает с провода 2 на заземленную оплетку кабеля. После этого линия продолжает нормальную работу без отключения, поскольку при указанной длине разделки импульсное перекрытие не переходит в силовую дугу.

Приведенные в настоящем описании

R U 2 1 3 3 5 3 8 C 1

изобретения варианты и модификации выполнения линии электропередачи даны лишь для пояснения их устройства и принципов работы. Специалистам в данной области техники должно быть понятно, что возможны отклонения от вышеупомянутых примеров выполнения, которые также охватываются формулой изобретения.

Формула изобретения:

1. Линия электропередачи, включающая по меньшей мере один провод, по меньшей мере одну заземленную опору, по меньшей мере один элемент изоляции указанного провода от других элементов линии, находящихся под электрическим потенциалом, отличным от потенциала указанного провода, а также средства защиты указанного элемента изоляции от грозовых перенапряжений, отличающаяся тем, что указанные средства защиты выполнены в виде оболочки из диэлектрического материала, размещеннной на по меньшей мере одном указанном проводе в зоне расположения защищаемого элемента изоляции, причем пробивное напряжение указанного диэлектрика выше, чем разрядное напряжение по его поверхности, а длина указанной оболочки из диэлектрика определяется следующим соотношением

$$\frac{2 \cdot (0,06U^{0,75} - h)}{n} < D < \frac{2 \cdot (0,5U^{0,75} - h)}{n},$$

где D - длина оболочки из диэлектрика, м;
h - длина пути перекрытия защищаемого элемента изоляции линии, м;
n - число проводов, покрытых оболочкой из диэлектрика, к которым подключен защищаемый элемент изоляции (n = 1 или 2);
U - номинальное напряжение линии, кВ.

2. Линия по п.1, отличающаяся тем, что указанным защищаемым элементом изоляции является воздушной промежуток между проводами.

3. Линия по п.1, отличающаяся тем, что указанная оболочка из диэлектрика установлена на силовом проводе линии электропередачи.

4. Линия по п.1, отличающаяся тем, что указанная оболочка из диэлектрика установлена на грозозащитном тросе линии.

5. Линия по п.1, отличающаяся тем, что указанный элемент изоляции выполнен в виде изолятора, установленного на указанной

опоре, а указанная оболочка из диэлектрика размещена на указанном проводе в зоне его крепления к защищаемому изолятору, при этом на наружной поверхности указанного диэлектрика установлен крепежный элемент для присоединения указанного провода к защищаемому изолятору, причем расстояние от крепежного элемента до конца указанной оболочки из диэлектрика определяется следующим соотношением:

$$0,06 U^{0,75} - h < l_1 < 0,5 U^{0,75} - h,$$

где l₁ - расстояние от конца оболочки из диэлектрика до крепежного элемента, м;

h - длина пути перекрытия защищаемого изолятора, м;

U - номинальное напряжение линии, кВ.

6. Линия по п.1, отличающаяся тем, что она выполнена многопроводной, при этом указанные оболочки из диэлектрика размещены на соседних проводах, находящихся под разными потенциалами.

7. Линия по п.1, отличающаяся тем, что защищаемым элементом изоляции является изоляция ввода в заземленный бак с высоковольтным оборудованием.

8. Линия по одному из пп.1 - 7, отличающаяся тем, что указанная оболочка выполнена многослойной, при этом слои диэлектрика чередуются со слоями электропроводящего материала.

9. Линия по одному из пп.1 - 7, отличающаяся тем, что указанная оболочка выполнена с переменным сечением, увеличивающимся от конца оболочки к ее середине.

10. Линия электропередачи, включающая по меньшей мере одну опору, по меньшей мере один провод, закрепленный на этой опоре, по меньшей мере один элемент изоляции указанного провода от указанной опоры, по меньшей мере один кабельный ввод с разделкой, отличающаяся тем, что указанная разделка выполняет функцию средств защиты указанного элемента изоляции от грозовых перенапряжений, причем изоляция указанной разделки выполнена так, что разрядное напряжение по поверхности разделки ниже, чем разрядное напряжение защищаемого элемента изоляции, а длина разделки определяется следующим соотношением

$$0,06 U^{0,75} < l_2 < 0,5 U^{0,75},$$

где l₂ - длина разделки, м;

U - номинальное напряжение линии, кВ.

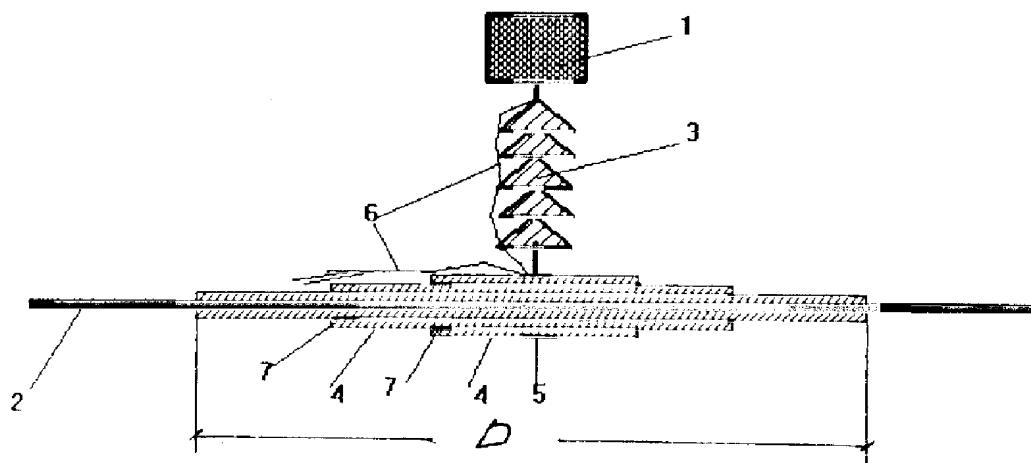
50

55

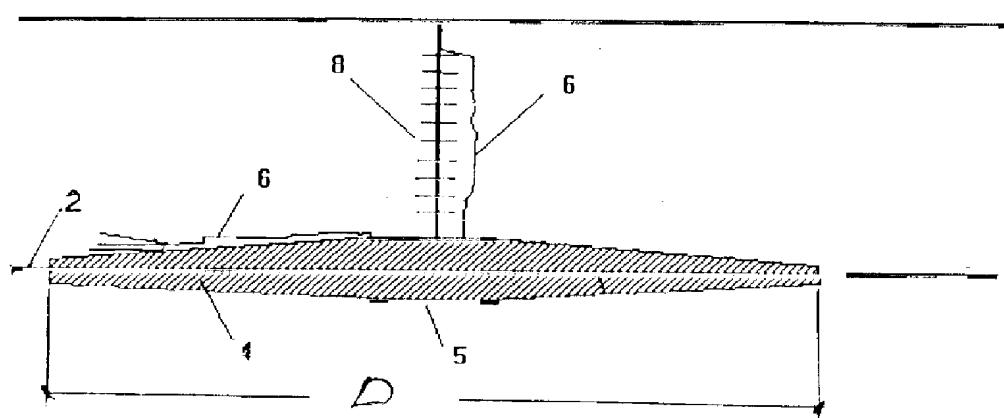
60

Таблица 1

$U_{\text{ном}}, \text{kV}$	$\ell_{\text{из}}, \text{м}$	$L_{\text{форм}}, \text{м}$	$L_{\text{форм}}/\ell_{\text{из}}$
6	0,15	0,2	1,5
35	0,50	0,9	1,7
110	1,40	2,4	1,7
220	2,40	3,5	1,5
500	4,60	6,3	1,4
750	7,00	9,0	1,3
1150	10,5	12,2	1,2



ФИГ. 2

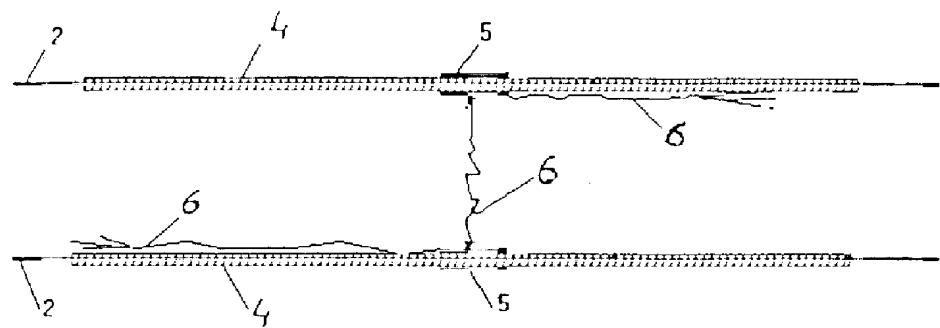


ФИГ. 3

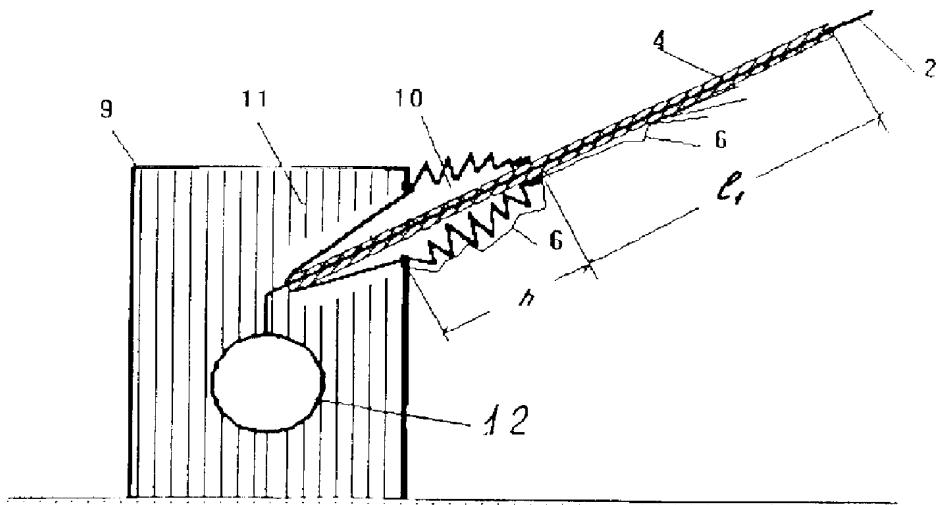
R U 2 1 3 3 5 3 8 C 1

R U 2 1 3 3 5 3 8 C 1

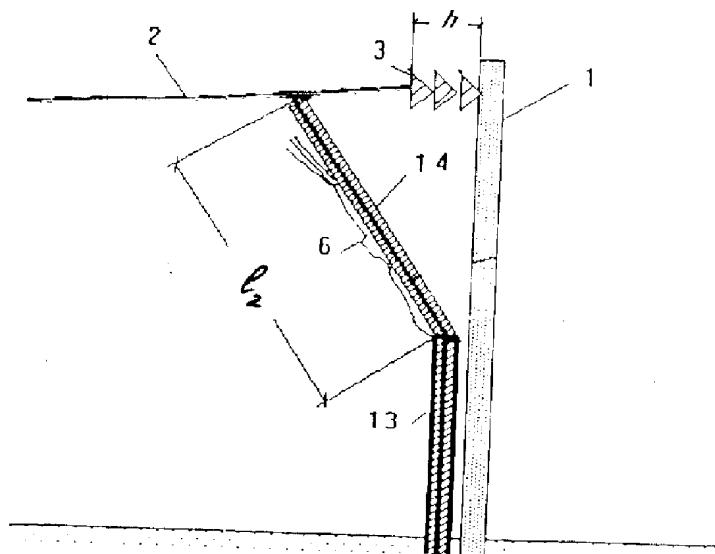
R U ? 1 3 3 5 3 8 C 1



Фиг.4



Фиг.5



Фиг. 6

R U 2 1 3 3 5 3 8 C 1